

16.4.2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

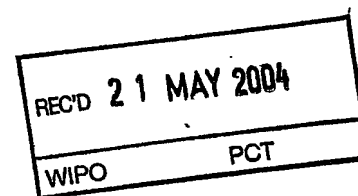
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 1 2 月 2 2 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 4 2 4 7 8 2
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 4 2 4 7 8 2]

出 願 人 日 本 電 気 硝 子 株 式 有 限 公 司
Applicant(s):

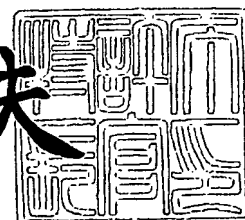


**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a)-OR-(b)

2 0 0 4 年 4 月 2 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願
【整理番号】 03P00227
【提出日】 平成15年12月22日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 G02B 6/32
【発明者】
 【住所又は居所】 滋賀県大津市晴嵐二丁目 7 番 1 号 日本電気硝子株式会社内
 【氏名】 田中 宏和
【発明者】
 【住所又は居所】 滋賀県大津市晴嵐二丁目 7 番 1 号 日本電気硝子株式会社内
 【氏名】 角見 昌昭
【特許出願人】
 【識別番号】 000232243
 【氏名又は名称】 日本電気硝子株式会社
 【代表者】 井筒 雄三
【先の出願に基づく優先権主張】
 【出願番号】 特願2003- 77503
 【出願日】 平成15年 3月20日
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 010559
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

中央に内孔を有する略円筒状のスリーブと、屈折率が略均一なガラスからなり該スリーブの内孔よりも僅かに小さい直径の円柱部の両端に曲率中心が略同一の透光球面を有して該スリーブの内孔に挿入固定した際にスリーブ外周面の中心軸に対して所定の平行度で所定量偏心した位置が光軸となる部分球面レンズと、前記スリーブの内孔よりも僅かに小さい外径を有して前記スリーブの外周面の中心軸に対して所定の平行度で所定の偏心位置に端面が傾斜している光ファイバを保持した毛細管とを備え、

前記部分球面レンズの外側の透光球面から出射する平行光の光軸が、前記スリーブ外周面の中心軸を中心とする半径 0.02 mm 以内の範囲にあり、且つ前記スリーブ外周面の中心軸に対して 0.2° 以内の角度であることを特徴とする光コリメータ。

【請求項 2】

一対の前記光コリメータを対向配置させ、互いの光コリメータを各平行光の光軸が前記スリーブ外周面の中心軸の半径 0.02 mm 以内の範囲で、且つ前記スリーブ外周面の中心軸に対して 0.2° 以内の角度に設定し、一方の光ファイバから光を導入すると、他方の光ファイバから -30 dB 以上の光の応答が得られるものであることを特徴とする請求項 1 に記載の光コリメータ。

【請求項 3】

スリーブが、ガラスまたは結晶化ガラスからなることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の光コリメータ。

【請求項 4】

スリーブが、割りスリーブであることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の光コリメータ。

【請求項 5】

毛細管が、ガラスまたは結晶化ガラスからなることを特徴とする請求項 1 から 4 の何れかに記載の光コリメータ。

【請求項 6】

スリーブ、部分球面レンズ、及び毛細管の相互の熱膨張係数差が $50 \times 10^{-7} / \text{K}$ 以内であることを特徴とする請求項 1 から 5 の何れかに記載の光コリメータ。

【書類名】明細書

【発明の名称】光コリメータ

【技術分野】

【0001】

本発明は、光通信用の光ファイバを内部に保持した毛細管と球レンズを円筒状に加工した部分球面レンズとこれらを軸合わせするスリーブとを使用した光コリメータに関する。

【背景技術】

【0002】

高速大容量の光ファイバ通信システムを構築する際には多くの光デバイスが使用されており、その中には複数の波長が多重化された光信号から任意波長の光信号を取り出すものや、光信号の位相を合わせるための光学結晶体を用いるもの等があり、光ファイバから出射されて広がった光信号を平行光にする、あるいは平行光を光ファイバへ集光させる多数の光コリメータが用いられる。

【0003】

従来の部分球面レンズを用いた光コリメータ1は、図6に示すように、スリーブ2内に部分球面レンズ3と、内部に光ファイバ5を保持し、その端面5aからの反射戻り光を防止するために斜め研磨面4aを有する毛細管4を挿入し、光コリメータとして正しく作動するように光学的に適切な位置関係になるように調心を行い、接着剤6で固着することにより作製している。

【0004】

このような光学系に関する従来技術の文献として特許文献1には、部分球面レンズを用いた光コリメータの中心軸に対して入射／出射する平行光の偏心を無くすために、斜研磨光学素子により解決を図る方法が開示されている。特許文献2には、光ファイバ及びコリメータレンズの光軸と、これらを支持するスリーブの外周面の中心軸とを偏心させることにより解決を図る方法が開示されている。また、特許文献3には、端部を斜め研磨したファイバの斜め研磨角度に応じて、光ファイバとレンズの中心軸に並進ズレを持たせ、平行ビーム結合する光コリメータが開示されている。特許文献4には、管状ハウジングの中心が球レンズを経て出る平行な光ビームの中心線として定義された光コネクタが開示されている。さらに、特許文献5には、レンズの中心に対して光ファイバの光軸を偏心させ、レンズの中心とレンズに入射する光ビームの中心がほぼ一致するような光ファイバコリメータが開示されている。特許文献6には、レンズから出射するビームの光軸が光ファイバの光軸と平行であるコリメータが開示されており、特許文献7には円筒状のレンズホルダーに対し、略円柱状のレンズと、ファイバのファイバ端部とを同軸状に収容して構成されたファイバコリメータが開示されている。

【特許文献1】特開2001-56418号公報

【特許文献2】特開平9-258059号公報

【特許文献3】特開昭62-235909号公報

【特許文献4】特開平2-111904号公報

【特許文献5】特開2002-196180号公報

【特許文献6】特開平5-157992号公報

【特許文献7】特開平9-274160号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記の図6に示すような従来の構造では、内部に光ファイバ5を保持し、その端面5aからの反射戻り光を防止するために斜め研磨面4aを有する毛細管4を用いているので、光ファイバ5の端面5aから屈折の法則に従って毛細管の光軸Yに対して斜め方向に光が出射し、その結果、光コリメータ1から出射される平行光7には、その平行光の光軸Zと光コリメータ1の外周面の中心軸Aとの間に偏心量 δ の偏心が発生するという問題点がある。

【0006】

また、図7に示すように、従来の構造の光コリメータ1と光機能素子8aを用いて光機能部品8を組立てる際、平行光7の光軸Zが光コリメータ1の外周面の中心軸Aに対して偏心しているため、それぞれの光コリメータ1の偏心方向を正確に一致させる必要があるため、作業性が非常に悪くなるという問題点もある。

【0007】

さらに、図8に示すように、光コリメータ11の外周面の中心軸Aから平行光17が入射／出射するように、光ファイバ15を内部に保持し、端面14aに斜め研磨が施されていない毛細管14とスリーブ12を用いて解決を試みた場合、斜め研磨の効果による反射減衰量が得られなくなるので、光ファイバ15の端面15a、および部分球面レンズ13の透光球面部13cからの反射戻り光が非常に大きくなり、その表面にそれぞれ反射防止膜を施したとしても、反射戻り光を充分阻止することはできない。この反射戻り光がレーザー光源などに悪影響を及ぼすので、高速大容量の光ファイバ通信システムを構築する際には実用上大きな問題点となる。

【0008】

また、特許文献1の方法によっても、両端面が平行に斜め研磨された斜研磨光学素子を用いる場合（第5頁、第1図）は、平行光が光コリメータの中心軸に対して入射／出射するように精密な調心作業が必要となり、作業性が非常に悪くなる。また光路中に斜研磨光学素子を挿入するので光コリメータの挿入損失が増大し、高速大容量の光ファイバ通信システムを構築する際には、この増大した挿入損失が問題点となる。

【0009】

さらに、内径の中心を外径の中心からずらした金属などを切削により作製した軸外し円筒状ホルダーを用いる場合（第7頁、第9図）も、外径と内径の中心を僅かにずらせるという精密な加工を必要とする欠点もある。また、金属製の軸外し円筒状ホルダーと、光ファイバを内部に保持する毛細管、および部分球面レンズとの間には熱膨張係数差があるので、その差が大きい場合には、使用時の温度変化によって個々の構成要素の膨張量あるいは収縮量が異なるため、光学的特性に狂いが生じる恐れがある。特に、このような膨張差が生じることにより部分球面レンズに応力が集中した場合には、屈折率や分散などの光学的特性の狂いに起因するトラブルが増大し、光学系としての安定性に問題点がある。

【0010】

このため、高温時や低温時等のように室温と大幅に異なる温度条件の下では、スリーブと毛細管および部分球面レンズとの接着部に剥離が生じて本質的な部品特性が阻害されるばかりでなく、部分球面レンズに歪が生じて透過光量が変化したり、偏波特性が変化したり、或いは安定したコリメート光が得られなくなる等の不具合を招く。その結果、この種の光通信デバイスの使用環境が限られてしまうことになり、特に屋外での使用が大幅に制限されると共に、光デバイスに組込む際には高精度な光学的特性が要求されるため、使用可能な温度範囲が極めて狭小になり、使用時における制限が一層厳格になるという問題を有している。

【0011】

また、特許文献2では、図9に示すように、偏心スリーブ22を用いることにより、光ファイバ25及び部分球面レンズ23の光軸Xと偏心スリーブ22の外周面の中心軸Bとを偏心させ、光コリメータ21の外周面の中心軸Aに対して入射／出射する平行光27の光軸Zの偏心を無くす構造のものがある。この場合、部分球面レンズ23の外周面の中心軸Dと入射／出射する平行光27の光軸Zが一致していないので、入射／出射する平行光27の直径が部分球面レンズ23の外径より小さな場合でも、両者の中心軸が偏心していることに起因して、入射／出射する平行光27の直径程度まで部分球面レンズ23の外径を細径化することができず、部分球面レンズ23を用いた光コリメータ21の外周面の中心軸に対して入射／出射する平行光27の光軸Zの偏心を無くすと同時に、光コリメータ21の細径化を実現する際には大きな問題点となる。

【0012】

さらに、図10に示すように、機械式光スイッチなどに用いられる長作動距離を有する光コリメータ31の場合、長作動距離を実現するために比較的大きな曲率半径の部分球面レンズ33が用いられるが、曲率半径が大きくなれば部分球面レンズ33の焦点距離が大きくなり、偏心スリーブ32を用いるタイプでは、結果的に入射／出射する平行光37の光軸Zと部分球面レンズ33の外周面の中心軸Dとの偏心が大きくなると共に、入射／出射する平行光37の直径も大きくなるので、ますます部分球面レンズ33の外径を小さくすることができず、部分球面レンズ33を用いた光コリメータ31の中心軸に対して入射／出射する平行光37の光軸Zの偏心を無くすと同時に光コリメータ31の細径化を実現することは困難となる。なお、入射／出射する平行光37の直径や光軸Zと部分球面レンズ33の外周面の中心軸Dとの偏心を考慮することなく、部分球面レンズ33を細径化しても、図10に示すとおり入射／出射する平行光37に欠損37aが生じることで大きな挿入損失が発生するため、実用上大きな問題点となる。

【0013】

また、特許文献2に開示されているとおり、偏心スリーブを用いて光コリメータの中心軸に対して入射／出射する平行光の偏心を無くす場合、部分球面レンズの外周面の中心軸と入射／出射する平行光の中心軸が一致していないので、入射／出射する平行光の直径が部分球面レンズの外径より小さな時でも、両者の中心軸が偏心している影響で、部分球面レンズの外径を入射／出射する平行光の直径程度まで細径化することができず、結果的に光コリメータの細径化を阻害することとなる。

【0014】

また、特許文献3に開示されているとおり、端部を斜め研磨した光ファイバの斜め研磨角度に応じて、光ファイバとレンズの中心軸に並進ズレを持たせ、平行ビーム結合する光コリメータの場合（第4頁、第1図）は、出射する平行ビームの光軸が光ファイバの中心軸と一致しないため、光コリメータどうしの調心作業に労力を費やすこととなる。

【0015】

また、特許文献4に開示されているとおり、光ファイバのコア中心線と光ビームの光軸が一致していない（第6頁、第2図）ので、例えば、光検出器を用いて光ビームの光軸と機械軸を一致させた上で、管状ハウジングを機械加工する（第6項、第3図）必要がある。また、所望の寸法を有する平らな面を有する球レンズを用いる場合（第6頁、第4図）は、組立時に、その平らな面と光ファイバから出射したビームの光軸とのなす角度を厳密に調心しなければならない。

【0016】

また、特許文献5に開示されているとおり、屈折率分布型ロッドレンズの中心に対して光ファイバの光軸を偏心させ、屈折率分布型ロッドレンズの中心と、そのレンズに入射する光ビームの中心がほぼ一致するように構成されている（第5項、第1図）が、屈折率分布型ロッドレンズの代わりに球レンズを用いた場合、レンズの中心に対して光ファイバの光軸を偏心させているため、出射される光ビームは光ファイバの光軸と一致しない。

【0017】

また、特許文献6に開示されているとおり、レンズから出射するビームは入力側マウントの軸と平行ではあるが、一致することではなく、入力側マウントの軸とある距離を有する平行ビームにしかない（第5頁、第3図）ので、マウントの軸を中心に回転させながら、光コリメータどうしの調心を行う必要がある。

【0018】

また、特許文献7に開示されているとおり、円筒状のレンズホルダーに対し、略円柱状のレンズと、光ファイバの端部とを同軸状に收容して光コリメータを構成している（第11項、第1図）ため、略円柱状の球面レンズと、光ファイバのファイバ端部とを同軸状に收容した場合、光コリメータから出射される平行光の光軸はファイバコリメータの外径中心軸と一致することはないので、光コリメータどうしを調心する際には、光コリメータの軸を中心に回転させる必要がある。

【0019】

さらに、従来の光コリメータを用いて光コリメータどうしの調心作業を行う場合、互いの光コリメータを各平行光の光軸がスリーブ外周面の中心軸の半径0.02mm以内の範囲で、且つスリーブ外周面の中心軸に対して0.2°以内の角度に設定しただけでは、一方の光ファイバから光を導入した際に、他方の光ファイバから十分な光の応答が得られないので、光軸の自動調心装置などが使用可能となるように、光の十分な応答が得られる状態まで手動で調心作業を行う必要がある。

【0020】

本発明は、上記の問題点に鑑みてなされたものであり、光機能部品などの組立を行う際に、従来の光コリメータ1のように、入射/出射する平行光7の偏心方向を一致させるための調心作業を必要とせず、平行光が光コリメータの外周面の中心軸に対して入射/出射する光コリメータを提供することを目的とし、温度条件が多種にわたる使用時におけるスリーブと部分球面レンズ及び毛細管との熱膨張係数差に起因する光学的特性の悪化を可及的に低減させると共に、光コリメータの細径化と同時に部分球面レンズを用いた光コリメータの外周面の中心軸に対して入射/出射する平行光の光軸の偏心を無くすことを技術的課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0021】

本発明に係る光コリメータは、中央に内孔を有する略円筒状のスリーブと、屈折率が略均一なガラスからなり該スリーブの内孔よりも僅かに小さい直径の円柱部の両端に曲率中心が略同一の透光球面を有して該スリーブの内孔に挿入固定した際にスリーブ外周面の中心軸に対して所定の平行度で所定量偏心した位置が光軸となる部分球面レンズと、前記スリーブの内孔よりも僅かに小さい外径を有して前記スリーブの外周面の中心軸に対して所定の平行度で所定の偏心位置に端面が傾斜している光ファイバを保持した毛細管とを備え、前記部分球面レンズの外側の透光球面から出射する平行光の光軸が、前記スリーブ外周面の中心軸を中心とする半径0.02mm以内の範囲にあり、且つ前記スリーブ外周面の中心軸に対して0.2°以内の角度であることを特徴とする。

【0022】

また、本発明の光コリメータは、一对の前記光コリメータを対向配置させ、互いの光コリメータを各平行光の光軸が前記スリーブ外周面の中心軸の半径0.02mm以内の範囲で、且つ前記スリーブ外周面の中心軸に対して0.2°以内の角度に設定し、一方の光ファイバから光を導入すると、他方の光ファイバから-30dB以上の光の応答が得られるものであることを特徴とする。

【0023】

図1に示すように、本発明の光コリメータ41は、図3に示す屈折率が略均一なガラスからなる円柱部43aの両端43bに曲率中心が略同一の透光球面43cを有し、且つ図4に示すスリーブ42の内孔42aに挿入固定した際にスリーブ42の外周面の中心軸Bに対して所定量偏心した位置が光軸Xとなる部分球面レンズ43と、図2に示すスリーブ42の内孔42aに挿入固定した際にスリーブ42の外周面の中心軸Bに対して所定量偏心した位置に光ファイバ45を配置する毛細管44を、図4に示すスリーブ42の内孔42aに光コリメータとして正しく作動するように光学的に適切な位置に接着剤46で固定されてなるものである。

【0024】

本発明の光コリメータ41を構成する毛細管44は、図2に示すように、図4に示すスリーブ42の内孔42aに挿入固定した際にスリーブ42の外周面の中心軸Bに対して所定量偏心した位置に光ファイバ45が固定されている。図3に示す部分球面レンズ43と図2に示す光ファイバ45を固定した毛細管44を、図4に示すスリーブ42の内孔42aに光コリメータとして正しく作動するように光学的に適切な位置に固定すれば、図1に示すように平行光47が光コリメータ41の外周面の中心軸Aから入射/出射する光コリメータ41が得られる。

【0025】

また、本発明の光コリメータ 41 を構成する部分球面レンズ 43 は、図 3 に示すように、屈折率が略均一なガラスからなる円柱部 43a の両端 43b に曲率中心が略同一の透光球面 43c を有し、且つ図 4 に示すスリーブ 42 の内孔 42a に挿入固定した際にスリーブ 42 の外周面の中心軸 B に対して所定量偏心した位置が光軸 X となっている。

【0026】

これに対して、従来の光コリメータでは、先出の図 6 に示すように、光軸 X が外径中心軸 D にある部分球面レンズ 3 と、同じく光軸 Y が外周面の中心軸 E にある、内孔に光ファイバ 5 を固定した毛細管 4 を、スリーブ 2 に挿入し光コリメータ 1 に組立てると、平行光 7 が光コリメータ 1 の外周面の中心軸 A から入射／出射しない。

【0027】

また、先出の図 10 に示すように、偏心スリーブ 32 を用いて光コリメータ 31 を組立てると、入射／出射する平行光 37 の直径程度まで部分球面レンズ 33 を細径化することはできない。無理に入射／出射する平行光 37 の直径程度まで部分球面レンズ 33 を細径化した場合、入射／出射する平行光 37 に欠損 37a が生じることで大きな挿入損失が発生する。

【0028】

本発明で使用する部分球面レンズ 43 としては、屈折率が略均一な光学ガラス等からなり、真球状に加工することにより高い焦点精度を有する球レンズが作製できる材料であれば使用可能であり、光コリメータ 41 の小型化、細径化のため、高い真球度を有する球レンズの周囲を研削して作製した部分球面レンズ 43 が適している。部分球面レンズ 43 に用いるガラスとしては、光学ガラスの BK7、K3、TaF3、LaF01、LaSF015 等を用いることが望ましい。

【0029】

また、本発明で使用するスリーブ及び／または毛細管は、ガラスあるいは結晶化ガラスからなり、ドロー法により高精度に安定して効率よく安価に作製することができる。さらに、ドロー法により作製しているので、スリーブ及び／または毛細管の表面はファイヤーポリッシュされている。

【0030】

図 1 に示す光コリメータ 41 を構成する光学ガラス LaSF015 製の部分球面レンズ 43 の熱膨張係数を $74 \times 10^{-7} / \text{K}$ 、硼珪酸ガラス製のスリーブ 42 の熱膨張係数を $51 \times 10^{-7} / \text{K}$ 、および結晶化ガラス製の毛細管 44 の熱膨張係数を $27 \times 10^{-7} / \text{K}$ とすると、環境温度が 60°C 変動した時、相互の熱膨張係数差に起因する光コリメータ 41 の外周面の中心軸 A に対する平行光 47 の光軸 Z の偏心量の変化は、 0.0003 mm ($0.3 \mu\text{m}$) 以下となる。また、平行光 47 の出射偏角（ビーム傾き角）の変化は、 0.01° 以下である。

【0031】

一方、スリーブ 42 として、一般的なステンレス鋼である SUS304（熱膨張係数： $184 \times 10^{-7} / \text{K}$ ）を用いた場合、相互の熱膨張係数差が $100 \times 10^{-7} / \text{K}$ 以上となり、これに起因する光コリメータ 41 の外周面の中心軸 A に対する平行光 47 の光軸 Z の偏心量の変化は、 0.0009 mm ($0.9 \mu\text{m}$) 程度、平行光 47 の出射偏角（ビーム傾き角）の変化は、 0.03° 程度と、それぞれ硼珪酸ガラス製のスリーブ 42 を用いた場合と比較すると 3 倍程度悪化する。

【0032】

したがって、相互の熱膨張係数差が $50 \times 10^{-7} / \text{K}$ 以内の部材を用いて光コリメータ 41 を作製することが、環境温度の変化に対して安定した光学特性を有する光コリメータ 41 を作製する上で重要である。

【発明の効果】

【0033】

本発明の光コリメータは、屈折率が略均一なガラスからなる円柱部の両端に曲率中心が略同一の透光球面を有し、且つスリーブの内孔に挿入固定した際にスリーブの外周面の中

心軸に対して所定量偏心した位置が光軸となる部分球面レンズと、スリーブの内孔に挿入固定した際にスリーブの外周面の中心軸に対して所定量偏心した位置に光ファイバを配置する毛細管を、スリーブの内孔に光コリメータとして正しく作動するように光学的に適切な位置に固定されてなるので、光機能部品などの組立を行う際に、先記した従来の構造の光コリメータのように、入射／出射する平行光の偏心方向を一致させるための調心作業の必要がなく、平行光が光コリメータの外周面の中心軸に対して入射／出射する光コリメータを作製することができると共に、温度条件が多種にわたる使用時におけるスリーブと毛細管および部分球面レンズとの熱膨張係数差に起因する光学特性の悪化を最小限に留めた光コリメータを作製することができる。そのため、高い信頼性を有する光機能部品を作製することが可能となる。

【0034】

また、本発明の光コリメータは、スリーブの外周面の中心軸に対して所定の平行度で所定量偏心した位置が光軸となる部分球面レンズを用いることで、入射／出射する平行光の光軸と部分球面レンズの外周面の中心軸とが一致し、入射／出射する平行光の直径と同程度まで部分球面レンズの外径を小さくすることが可能となるので、光コリメータの細径化を実現でき、結果的に、先出の図9に示したような、偏心スリーブ22を用いて光コリメータ21の外周面の中心軸Aに対して入射／出射する平行光27の光軸Zの偏心を無くす場合より、光コリメータの外径を細径化できる効果を有する。

【0035】

本発明の光コリメータは、一対の前記光コリメータを対向配置させ、互いの光コリメータを各平行光の光軸がスリーブの外周面の中心軸の半径0.02mm以内の範囲で、且つスリーブの外周面の中心軸に対して0.2°以内の角度に設定し、一方の光ファイバから光を導入すると、他方の光ファイバから-30dB以上の光の応答が得られるものである。煩わしい手動での調心作業を行う必要がなく、光軸の自動調心装置などを用いて対向配置させた光コリメータ対の光軸調心を簡単に行うことができ、光軸の自動調心装置などを用いて、対向配置させた光コリメータ対の光軸調心を簡単に行うことで、光デバイスの組立を従来にない高い効率で実現可能となる。

【0036】

本発明の光コリメータは、スリーブが、ガラスまたは結晶化ガラスからなるので、高精度の円筒度をドロー法で達成することができ、且つ、安定して効率よく大量に作製することが可能である。さらに、表面がファイヤーポリッシュされており、表面を研磨する必要が無いので、安価に作製できる効果を有する。

【0037】

本発明の光コリメータは、毛細管が、ガラスまたは結晶化ガラスからなるので、高精度の円筒度、および偏心量（軸外し量とも称す）をドロー法で達成することが可能であると同時に、表面がファイヤーポリッシュされているので、表面を研磨する必要がなく、安定して効率よく安価に作製できる効果を有する。

【0038】

本発明の光コリメータは、スリーブ、部分球面レンズ及び毛細管の相互の熱膨張係数差が $50 \times 10^{-7} / K$ 以内であるので、スリーブ、部分球面レンズ及び毛細管の相互の熱膨張係数差に起因する光学特性の悪化を最小限に留め、環境温度の変化に対して安定した性能を維持可能な光コリメータを実現することができ、実用上優れた効果を奏するものである。

【発明を実施するための最良の形態】

【0039】

本発明の実施の形態について以下に図を参照して説明する。

【実施例1】

【0040】

図1は、本発明の一例を示す光コリメータ41の説明図である。図中、42はスリーブとしてガラス製のチューブを、43は偏心部分球面レンズを、46は接着剤を、44は偏

心毛細管を、45は光ファイバをそれぞれ示している。本例は、スリーブ42としてガラス製のチューブを用いた場合であるが、相互の熱膨張係数差が $50 \times 10^{-7}/K$ 以内ならば、金属あるいはセラミックス製の割りスリーブを用いてもよい。

【0041】

図1中の光コリメータ41を構成する偏心部分球面レンズ43および偏心毛細管44を予め偏心させる偏心量 δ は、

n_1 : 光ファイバ45のコア部の屈折率

n_2 : 大気中の場合は空気の屈折率

n_3 : 部分球面レンズ43の屈折率

r : 部分球面レンズ43の曲率半径

θ : 光ファイバ45の端面45aの斜め研磨角度

とすると、以下の数1のように表される。

【0042】

【数1】

$$\delta = \frac{n_3}{2(n_3 - n_2)} \cdot r \cdot \tan \left[\left\{ \arcsin \left(\frac{n_1}{n_2} \sin \theta \right) \right\} - \theta \right]$$

【0043】

表1に部分球面レンズ43の硝材として光学ガラスLaSF015を使用した光コリメータ41の各パラメータの例を示す。

【0044】

【表1】

項目	値
n_1	1.4682
n_2	1.0
n_3	1.7753
r	1.75mm
θ	8.0°

【0045】

上記の各パラメータを用いて数1により偏心量 δ を計算すると0.13mmとなる。したがって、図1に示す構造の光コリメータ41に用いる偏心部分球面レンズ23および偏心毛細管44の偏心量は、表1に示すパラメータの場合、0.13mmとすればよい。

【0046】

本発明の光コリメータ41は、図4に示すように、スリーブ42の外径が1.4mmで、内径が1.0mmとなる全長が5.0mmのガラス製のチューブと、スリーブ42の内孔42aに固定され屈折率が略均一な光学ガラスLaSF015からなり、円柱部43aの両端43bに曲率中心が略同一の透光球面43cを有し、且つスリーブ42の内孔42aに挿入固定した際にスリーブ42の外周面の中心軸Bに対して0.13mm偏心した位置が光軸Xとなる曲率半径 r が1.75mmの部分球面レンズ43と、スリーブ42の内

孔 42a に部分球面レンズ 43 を接着するエポキシ系樹脂からなる接着剤 46 を備えている。部分球面レンズ 43 の透光球面 43c には光信号の反射を低減するために、図示しない反射防止膜が形成されている。また、スリーブ 42 の内孔 42a に挿入固定した際にスリーブ 42 の外周面の中心軸 B に対して 0.13 mm 偏心した位置に光ファイバ 45 が配置する、外径が 1.0 mm で全長が 4.3 mm の偏心毛細管 44 は、内部に保持した光ファイバ 45 の端面 45a からの反射戻り光を低減するために、光軸 Y に垂直な平面に対して 8° に斜め研磨し、且つ端面 45a に図示しない反射防止膜が形成されており、スリーブ 42 の内孔 42a に毛細管 44 を接着するエポキシ系樹脂からなる接着剤 46 を備えている。

【0047】

本発明の光コリメータ 41 は、光ファイバ 45 の端面 45a と部分球面レンズ 43 の透光球面 43c が、光コリメータとして正しく作動するように光学的に適切な距離 0.25 mm となる位置にエポキシ系樹脂からなる接着剤 46 により固定されているものである。

【0048】

次に、光コリメータ 41 の挿入損失、反射減衰量（リターンロスとも称す）、平行光 47 の出射偏角（ビーム傾き角とも称す）、及び光コリメータ 41 の外周面の中心軸 A に対する平行光 47 の光軸 Z の偏心量（光軸偏心とも称す）の例を表 2 に示す。

【0049】

【表 2】

挿入損失	反射減衰量	出射偏角	平行光の光軸偏心
0.2 dB 以下	60 dB 以上	0.1° 以下	0.015 mm 以下

【0050】

これらの測定には波長 1550 nm の光を用い、また、挿入損失については、光コリメータ 41 を 2 個用いて作動距離が 17.5 mm となるように対向配置した状態で測定を行う。ここで作動距離とは光コリメータ 41 を対向配置した際のそれぞれの部分球面レンズ 43 の透光球面 43c 間の空間の距離のことである。

【0051】

表 2 のように、挿入損失および反射減衰量は従来品と同等あるいはそれ以上の性能を発揮しており、実用上何ら問題はない。

【0052】

また、出射偏角は 0.1° 以下と従来品と比較すると非常に良い値となっている。さらに、光コリメータ 41 の外周面の中心軸 A に対する平行光 47 の光軸 Z の偏心量が 0.015 mm 以下となっているので、例えば 1 本の V 溝上に光コリメータ 41 を対向させて搭載すると、無調心の状態でも光信号の応答が得られるので、光コリメータ 41 どのような調心作業が必要な光機能部品を自動調心装置などを用いて組立てる際、従来品に比べて、作業効率を著しく改善させることが可能となる。

【0053】

次に、光コリメータ 41 の組立方法について説明する。

【0054】

まず、相似形の母材を加熱・延伸成形すること等により、外径が $1.0 \pm 0.5 \mu\text{m}$ で外周面の中心 E の偏心量が 0.13 mm で内孔が光ファイバ 45 の直径よりも僅かに大きい内径を有する長尺の毛細管を作製する。次に、図 2 に示すように、長尺の毛細管の内孔に光ファイバ 45 を挿入・接着した後、外周面に対してシングルモード光ファイバ 45 の光軸に垂直な平面に対して 8° に傾斜し、反射防止膜が形成された端面 45a のコア中心 Y と外周面の中心 E の偏心量が 0.13 mm で光ファイバ 45 を内孔に固定した外径が $1.0 \pm 0.5 \mu\text{m}$ で全長が 4.3 mm の毛細管 44 を作製する。毛細管 44 は、スリーブ

42の内孔42aに挿入固定した際にスリーブ42の外周面の中心軸Bに対して所定量偏心した位置に光ファイバ45を配置するようになっており、外周面には偏心方向を表示するマーキングまたはオリフラ加工部（図示省略）が施されている。なお、毛細管44は機械的に偏心させて外周研削を行っても作製可能である。

【0055】

また、図3の破線で示すような、真球度が高く安価に入手が可能な球レンズを材料として使用し、図示しない研削機で外周面の中心軸Dに対して0.13mm偏心した位置になるように円柱状に研削する。このようにして直径が1.0mm未満で屈折率が略均一なガラスからなる円柱部43aの両端43bに曲率中心が同一で曲率半径rが1.75mmの透光球面43cを有し、且つ外周面の中心軸Dに対して0.13mm偏心した位置が光軸Xとなる部分球面レンズ43を作製する。部分球面レンズ43は、スリーブ42の内孔42aに挿入固定した際にスリーブ42の外周面の中心軸Bに対して所定量偏心した位置に光ファイバ45を配置するようになっており、外周面には偏心方向を表示するマーキングまたはオリフラ加工部（図示省略）が施されている。

【0056】

次に、相似形の母材を加熱・延伸成形すること等により、図4に示すような外径1.4mm、内径1.0mmで透明なガラス製のスリーブ42を作製する。このスリーブ42の外周面に、部分球面レンズ43及び毛細管44の偏心方向を合わせるマーキングまたはオリフラ加工部（図示省略）が施されていると光コリメータ41の組立が容易になる。

【0057】

次いで、スリーブ42の内孔に部分球面レンズ43を挿入し、例えば、互いのマーキングを合わせて位置決めを行い、接着剤46で固着する。接着剤46が完全に硬化した後に、毛細管44を挿入し、互いのマーキングを合わせて位置決めを行い、光ファイバ45の端面45aと部分球面レンズ43の球面43cとが距離が $0.25\text{mm} \pm 2\mu\text{m}$ となる位置に観察・測定しながら位置決めして固定し接着剤46で固着することにより、図1のようなスリーブ42の外周面の中心軸Bに対して光軸Xが0.13mm偏心した光コリメータ41が完成する。

【実施例2】

【0058】

図5は、本発明の他の例を示す長作動距離を有する光コリメータ51の説明図である。図中52はスリーブとしてガラス製のチューブを、53は偏心部分球面レンズを、56は接着剤を、54は偏心毛細管を、55は光ファイバをそれぞれ示している。本例は、スリーブ52としてガラス製のチューブを用いた場合であるが、相互の熱膨張係数差が $50 \times 10^{-7}/\text{K}$ 以内ならば、金属あるいはセラミックス製の割りスリーブを用いてもよい。

【0059】

図5中の光コリメータ51を構成する偏心部分球面レンズ53および偏心毛細管54を予め偏心させる偏心量 δ は、

n_1 : 光ファイバ55のコア部の屈折率

n_2 : 大気中の場合は空気の屈折率

n_3 : 部分球面レンズ53の屈折率

r: 部分球面レンズ53の曲率半径

θ : 光ファイバ55の端面55aの斜め研磨角度

とすると、先出の数1のように表される。

【0060】

表3に部分球面レンズ53の硝材として光学ガラスLaSF015を使用した長作動距離を有する光コリメータ51の各パラメータの例を示す。

【0061】

【表 3】

項目	値
n_1	1.4492
n_2	1.0
n_3	1.7753
r	2.75mm
θ	8.0°

【0062】

上記の各パラメータを用いて数1により偏心量 δ を計算すると0.20mmとなる。したがって、図5に示す構造の長作動距離を有する光コリメータ51に用いる偏心部分球面レンズ53および偏心毛細管24の偏心量は、表3に示すパラメータの場合、0.20mmとすればよい。

【0063】

本発明の長作動距離を有する光コリメータ51は、スリーブ52の外径が1.4mmで、内径が1.0mmとなる全長が8.0mmのガラス製チューブと、スリーブ52の内孔52aに固定され屈折率が略均一な光学ガラスLaSF015からなり、円柱部53aの両端に曲率中心が略同一の透光球面53cを有し、且つスリーブ52の内孔52aに挿入固定した際にスリーブ52の外周面の中心軸Bに対して0.20mm偏心した位置が光軸Xとなる曲率半径 r が2.75mmの部分球面レンズ53と、スリーブ52の内孔52aに部分球面レンズ53を接着するエポキシ系樹脂からなる接着剤56を備えている。部分球面レンズ53の透光球面53cには光信号の反射を低減するために、図示しない反射防止膜が形成されている。また、スリーブ52の内孔52aに挿入固定した際にスリーブ52の外周面の中心軸Bに対して0.20mm偏心した位置に光ファイバ55が配置する、外径が1.0mmで全長が4.3mmの偏心毛細管54は、内部に保持した光ファイバ55の端面55aからの反射戻り光を低減するために、光軸Yに垂直な平面に対して8°に斜め研磨し、且つ端面55aに図示しない反射防止膜が形成されており、スリーブ52の内孔52aに毛細管54を接着するエポキシ系樹脂からなる接着剤56を備えている。

【0064】

本発明の長作動距離を有する光コリメータ51は、光ファイバ55の端面55aと部分球面レンズ53の透光球面53cが、光コリメータとして正しく作動するように光学的に適切な距離0.40mmとなる位置にエポキシ系樹脂からなる接着剤56により固定されているものである。

【0065】

次に、長作動距離を有する光コリメータ51の挿入損失、反射減衰量（リターンロスとも称す）、平行光57の出射偏角（ビーム傾き角とも称す）、及び長作動距離を有する光コリメータ51の外周面の中心軸Aに対する平行光57の光軸Zの偏心量（光軸偏心とも称す）の例を表4に示す。

【0066】

【表 4】

挿入損失	反射減衰量	出射偏角	平行光の光軸偏心
0. 3dB 以下	6 0dB 以上	0. 1° 以下	0. 015mm 以下

【0067】

これらの測定には波長 1550 nm の光を用い、また、挿入損失については、長作動距離を有する光コリメータ 51 を 2 個用いて作動距離が 150 mm となるように対向配置した状態で測定を行う。ここで作動距離とは長作動距離を有する光コリメータ 51 を対向配置させた際に、それぞれの部分球面レンズ 53 の透光球面 53c 間の空間の距離のことである。

【0068】

表 4 のように、挿入損失および反射減衰量は従来品と同等あるいはそれ以上の性能を発揮しており、実用上何ら問題は無い。

【0069】

また、出射偏角は 0. 1° 以下と長作動距離を有する光コリメータの従来品と比較すると非常に良い値となっている。さらに、長作動距離を有する光コリメータ 51 の外周面の中心軸 A に対する平行光 57 の光軸 Z の偏心量が 0. 015 mm 以下となっているので、例えば 1 本の V 溝上に長作動距離を有する光コリメータ 51 を対向させて搭載すると、無調心の状態でも光信号の応答が得られるので、長作動距離を有する光コリメータ 51 どのような調心作業が必要な光機能部品を自動調心装置などを用いて組立てる際、長作動距離を有する光コリメータの従来品に比べて、作業効率が著しく改善する。

【0070】

さらに、図 5 に示す本発明の光コリメータ 51 は、150 mm もの長作動距離を有するにもかかわらず、部分球面レンズ 53 の外径を 1. 0 mm に細径化することで、外径が 1. 4 mm の光学特性に優れた光コリメータ 51 を実現した。一方、先出の図 10 に示す偏心スリーブ 32 を用いて 150 mm の作動距離を有する光コリメータ 31 を作製する場合、部分球面レンズ 33 の外径を 1. 0 mm とすると図示したとおり、入射／出射する平行光 37 に欠損 37a が生じることで結果として 1. 0 dB 程度の挿入損失が発生し、実用上大きな問題点となる。この問題点の解決するため、入射／出射する平行光 37 に欠損が生じないように部分球面レンズ 33 の外径を例えば 1. 25 mm としても、部分球面レンズ 33 の外周面の中心軸 X と入射／出射する平行光 37 の光軸 Z との偏心量が 0. 20 mm であるので、外径が 1. 4 mm で内径が 1. 0 mm の偏心スリーブ 32 を作製することは物理的に不可能であり、例えば外径が 1. 8 mm の偏心スリーブ 32 を用いなければならない。すなわち、150 mm の作動距離を有する外径が 1. 8 mm の偏心スリーブ 32 を用いた光コリメータ 31 に対し、本発明の構造を用いることで、光軸方向の断面積が約 0. 6 倍に細径化された光コリメータ 51 を実現した。

【図面の簡単な説明】

【0071】

【図 1】本発明の光コリメータの説明図であって、(A) は断面図、(B) は側面図。

【図 2】本発明の光コリメータに使用する毛細管の説明図であって、(A) は断面図、(B) は側面図。

【図 3】本発明の光コリメータに使用する部分球面レンズの説明図であって、(A) は断面図、(B) は側面図。

【図 4】本発明の光コリメータに使用するスリーブの説明図であって、(A) は断面図、(B) は側面図。

【図 5】本発明の長作動距離を有する光コリメータの説明図であって、(A) は断面

図、(B)は側面図。

【図6】従来の光コリメータの説明図であって、(A)は光軸に対して平行な方向の断面図、(B)は光軸に対して垂直な方向の断面図。

【図7】従来の光コリメータを用いた光機能部品の断面図。

【図8】光ファイバ端面に斜め研磨を施さない場合の光コリメータの説明図であって、(A)は断面図、(B)は側面図。

【図9】偏心スリーブを用いた光コリメータの説明図であって、(A)は断面図、(B)は側面図。

【図10】偏心スリーブを用いた長作動距離を有する光コリメータの説明図であって、(A)は断面図、(B)は側面図。

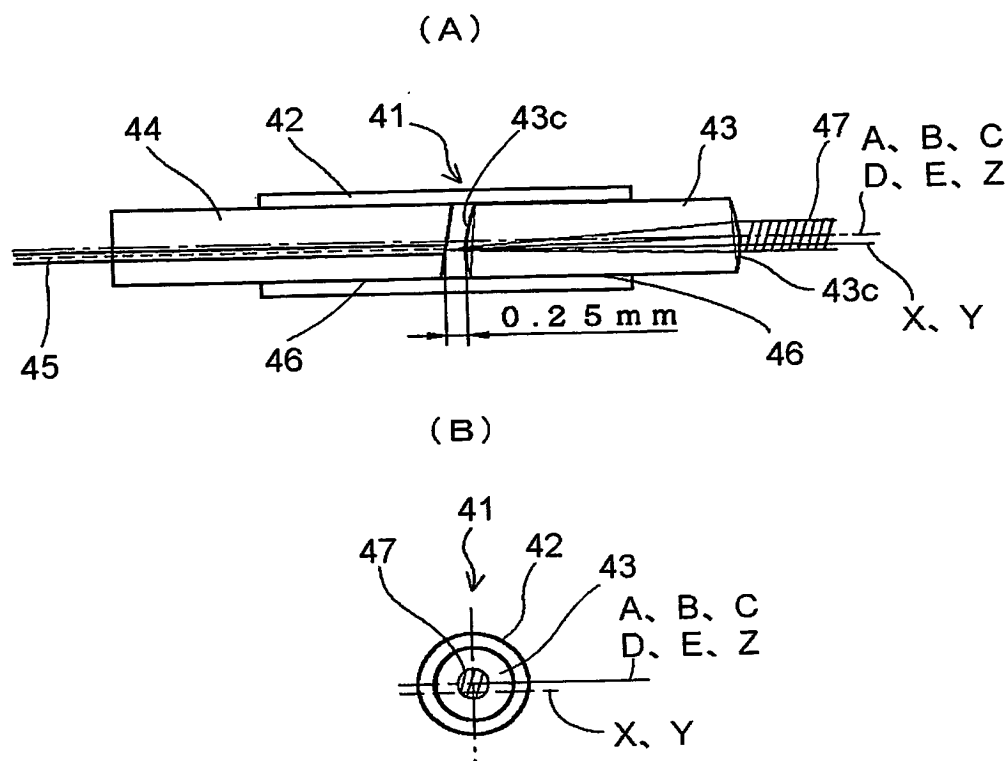
【符号の説明】

【0072】

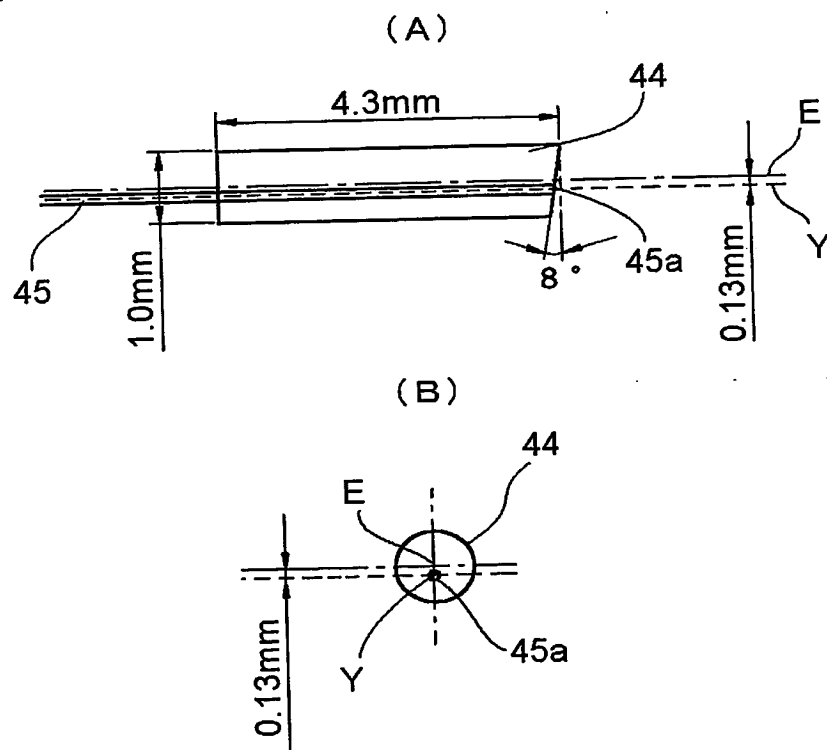
- 41、51 光コリメータ
- 42、52 スリーブ
- 43、53 部分球面レンズ
- 43c、53c 透光球面
- 44、54 毛細管
- 44a、54a 毛細管の斜め研磨面
- 45、55 光ファイバ
- 45a、55a 光ファイバの端面
- 46、56 接着剤
- 47、57 平行光
- 42a スリーブの内孔
- 43a 部分球面レンズの円柱部
- 43b 部分球面レンズの両端
- 43c、53c 部分球面レンズの透光球面
- A 光コリメータの外周面の中心軸
- B スリーブの外周面の中心軸
- C スリーブの内孔の中心軸
- D 部分球面レンズの外周面の中心軸
- E 毛細管の外周面の中心軸
- X 部分球面レンズの光軸
- Y 毛細管の光軸
- Z 平行光の光軸
- δ 偏心量

【書類名】 図面

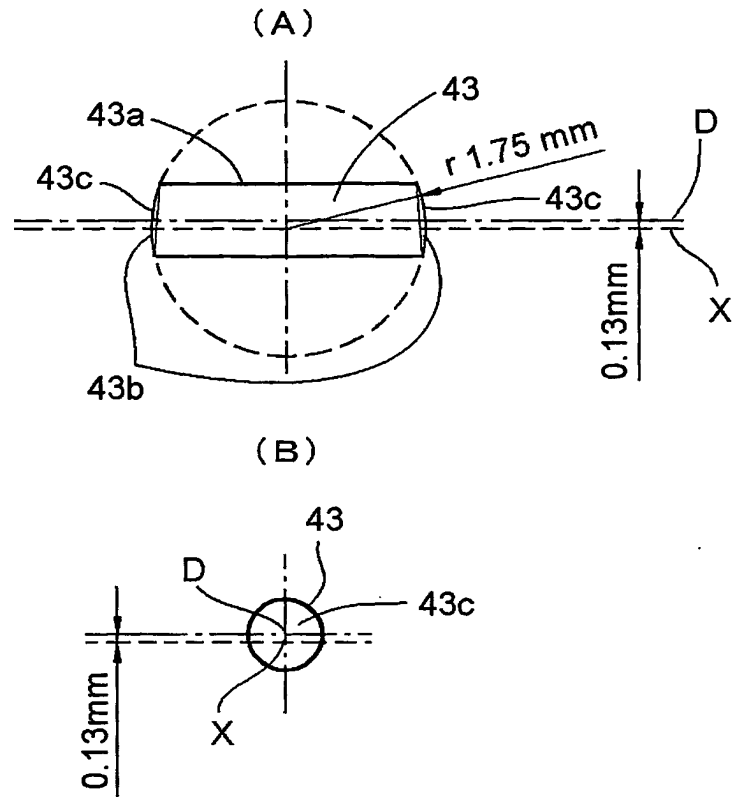
【図 1】



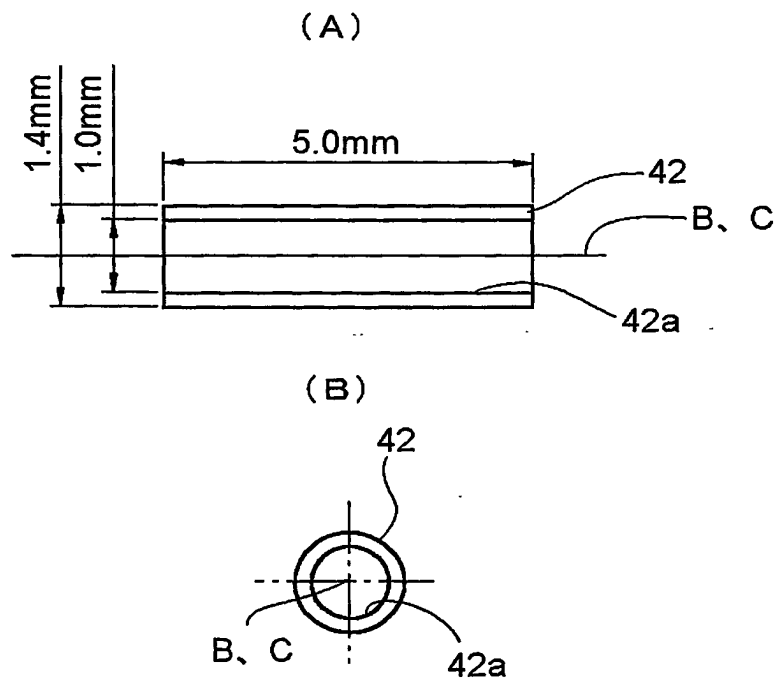
【図 2】



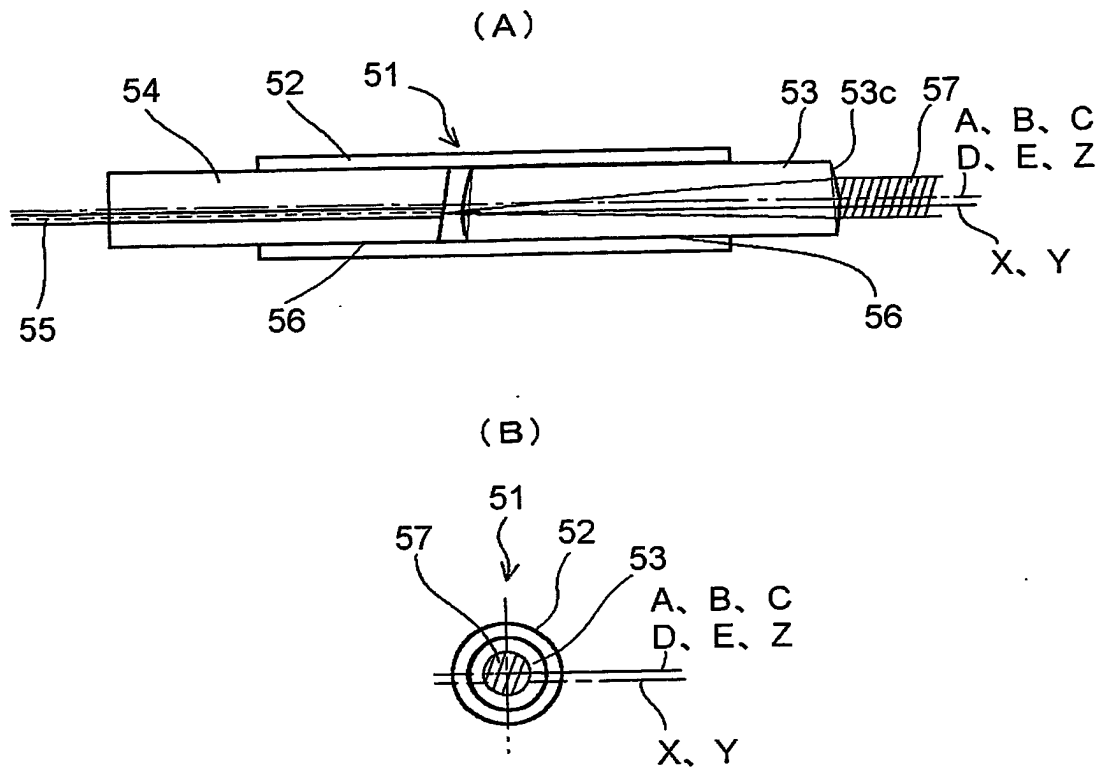
【図 3】



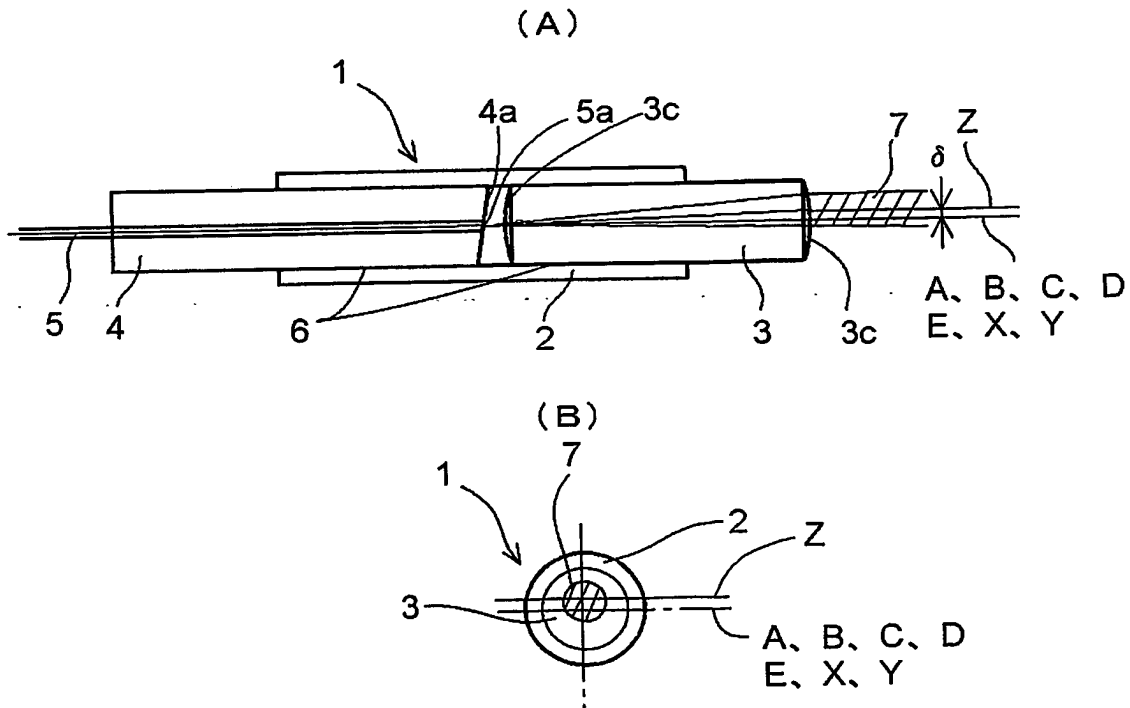
【図 4】



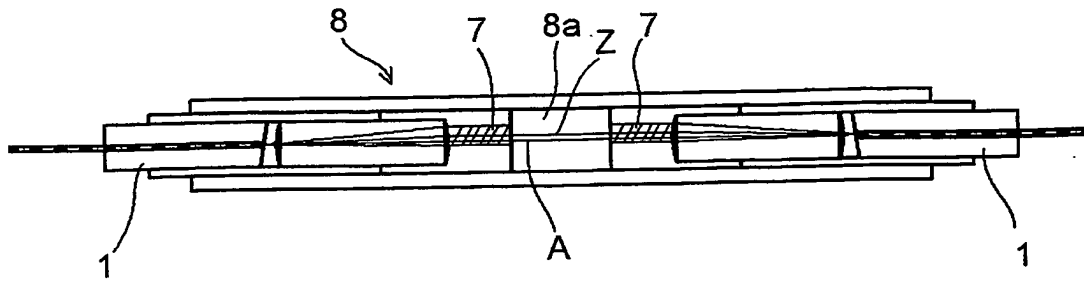
【図 5】



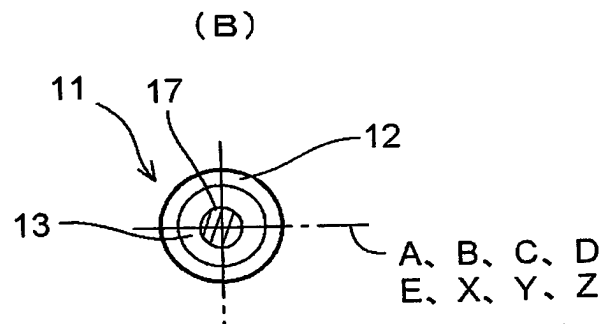
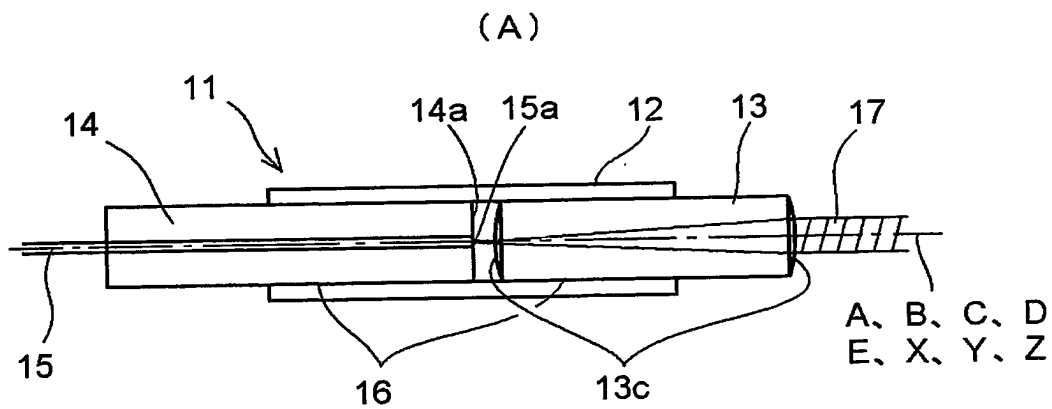
【図 6】



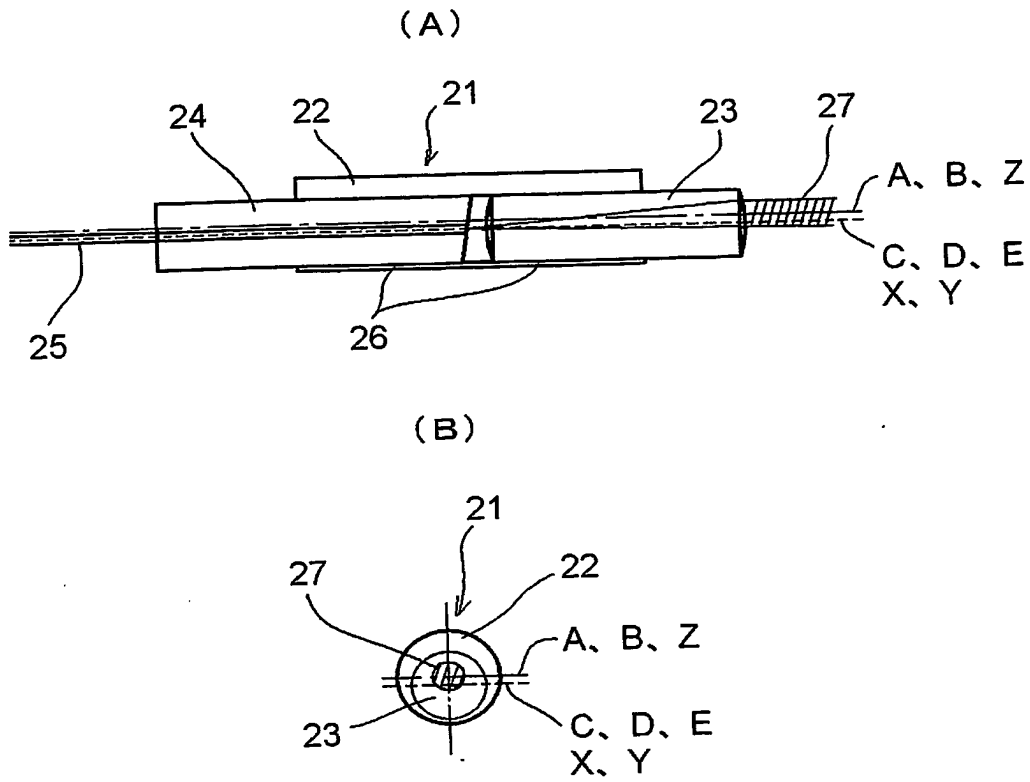
【図 7】



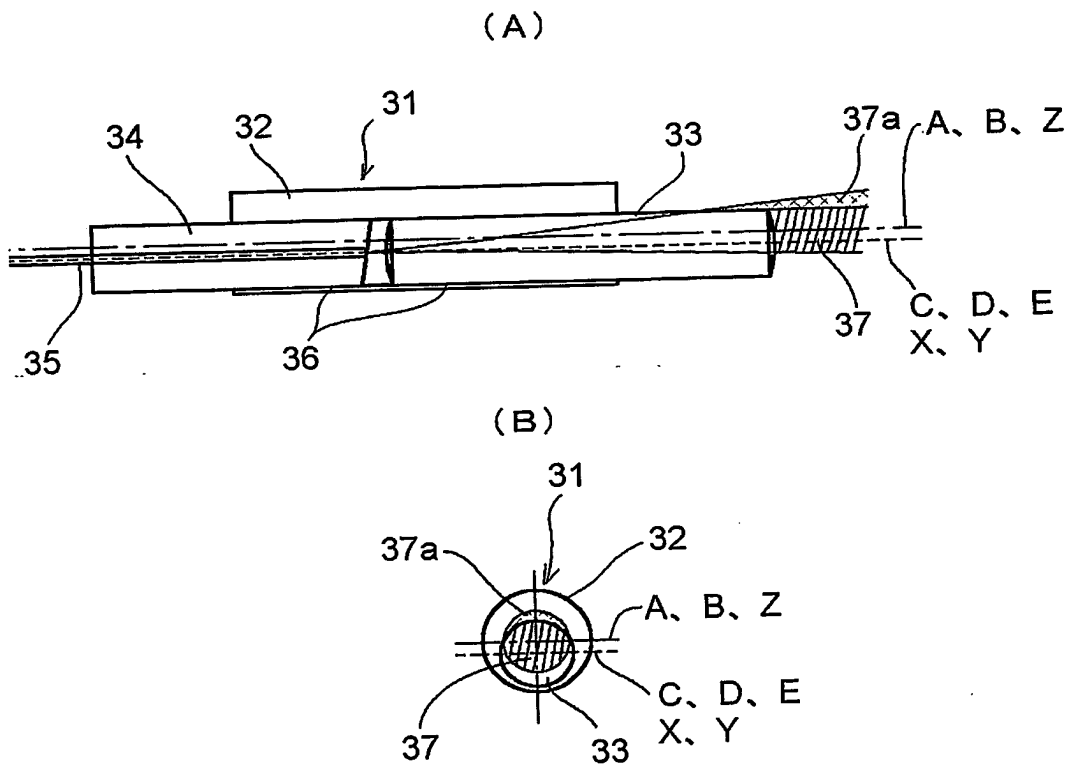
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】入射／出射する平行光の偏心方向を一致させるための調心作業を必要とせず、構成部材間の熱膨張係数差に起因する光学的特性の悪化を低減させた光コリメータを提供する。

【解決手段】本発明の光コリメータ 41 は、略円筒状のスリーブ 42 と、屈折率が略均一なガラスからなり該スリーブの内孔よりも僅かに小さい直径の円柱部の両端に曲率中心が略同一の透光球面 43c を有し、スリーブ 42 に挿入固定した際にスリーブ 42 外周面の中心軸 B に対して所定の平行度で所定量偏心した位置が光軸 X となる部分球面レンズ 43 及び所定量偏心した位置に光ファイバ 45 を保持した毛細管 44 とを備え、部分球面レンズ 43 の外側の透光球面 43c から出射する平行光 47 の光軸 Z が、スリーブ 42 外周面の中心軸 B を中心とする半径 0.02mm 以内の範囲にあり、且つスリーブ 42 外周面の中心軸 B に対して 0.2° 以内の角度である。

【選択図】図 1

特願 2 0 0 3 - 4 2 4 7 8 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 2 3 2 2 4 3]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 1 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

滋賀県大津市晴嵐 2 丁目 7 番 1 号

氏 名

日本電気硝子株式会社